

PAT-NO: JP405313082A
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 05313082 A
TITLE: POLARIZATION DIRECTION SWITCHING UNIT
PUBN-DATE: November 26, 1993

INVENTOR-INFORMATION:

NAME
INOUE, YASUYUKI
TAKATO, NORIO

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
NIPPON TELEGR & TELEPH CORP <NTT>	N/A

APPL-NO: JP04122014

APPL-DATE: May 14, 1992

INT-CL (IPC): G02B026/08, G02F001/035

US-CL-CURRENT: 385/11

ABSTRACT:

PURPOSE: To evaluate a polarization characteristic of a waveguide type optical part precisely over a wide range of light wave length by installing one fiber of two polarization maintaining optical fibers on the other fiber in a condition of being twisted by 90 degrees.

CONSTITUTION: A polarization direction switching unit is composed of N (optional positive integer) \times two optical space switches 3, a 2×2 polarization holding photocoupler 12 and two polarization maintaining optical

fibers 1 to connect these to each other. One polarization maintaining optical fiber 1 is installed on the other polarization maintaining optical fiber 1 in a condition of being twisted by 90 degrees. Thereby, the polarization direction of light incident on the photocoupler 12 becomes different on condition that through which the light is propagated among the two polarization maintaining optical fibers 1. Thereby, the polarization direction of an output light of the 2×2 polarization maintaining photocoupler 12 can be rotated by 90 degrees by switching the N ∼ two optical space switches 3 to/from each other. Since a twist of the polarization maintaining optical fibers 1 is used this polarization direction switching unit as a polarization rotating mechanism, the dependency on a wave length is not required.

COPYRIGHT: (C)1993,JPO&Japio

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-313082

(43)公開日 平成5年(1993)11月26日

(51)Int.Cl.⁵

G 02 B 26/08
G 02 F 1/035

識別記号 庁内整理番号

F 9226-2K

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数2(全7頁)

(21)出願番号 特願平4-122014

(22)出願日 平成4年(1992)5月14日

(71)出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号

(72)発明者 井上 靖之

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

(72)発明者 高戸 範夫

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

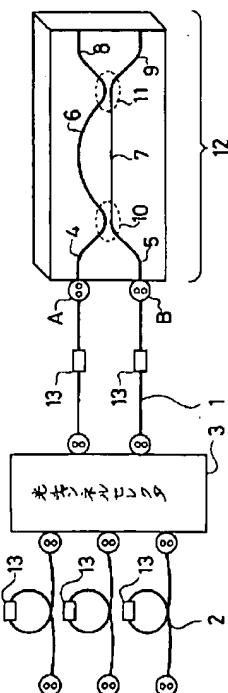
(74)代理人 弁理士 谷 義一 (外1名)

(54)【発明の名称】 偏波方向切り替え器

(57)【要約】

【目的】 導波路型光部品の偏波特性を、例えば1.3 μm から1.6 μm にわたる広い光波長範囲で、かつ精密に評価することの可能な装置を提供することにある。

【構成】 この偏波方向切り替え器(23)は、N(任意の正の整数) \times 2光空間スイッチ(3)と、2 \times 2偏波保持光結合器(12)と、これらの間を結ぶ2本の偏波保持光ファイバ(1)とを有する。一方の偏波保持光ファイバ(1)は他方の偏波保持光ファイバ(1)に対して90度ひねられて取付けられている。よって、光結合器(12)の出力光の偏波方向を、スイッチ(3)の切り替えによって90度回転させることができる。偏波の回転機構として、光ファイバ(1)のひねりを利用しているので波長依存性がない。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 $N \times 2$ 光空間スイッチと、 2×2 偏波保持光結合器と、これらを結ぶ2本の偏波保持光ファイバとを有し、かつ前記2本の偏波保持光ファイバの一方のファイバが他方のファイバに対して90度ひねられて取付けられていることを特徴とする偏波方向切り替え器。

【請求項2】 前記 2×2 偏波保持光結合器が、マッハ・ツェンダ光干渉計の構造を有する導波路型波長無依存カップラであって、

前記2本の偏波保持光ファイバ中にそれぞれ薄膜偏光子が挿入されていることを特徴とする請求項1に記載の偏波方向切り替え器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、光導波回路部品のような受動光回路部品の偏波特性を測定するために必要となる偏波方向の切り替えを行う偏波方向切り替え器に関し、これはおもに光通信用または光情報処理用の導波路型光部品製造における製品の評価に利用される。

【0002】

【従来の技術】 光導波回路のような受動光回路部品では、その部品の偏波依存性をなくすことが非常に重要な課題である。

【0003】 例えば、Si基板の表面に石英系ガラスを堆積させて作製された石英系光導波回路部品は、光ファイバとの整合性の良さと、その光損失の小ささから、実用的な受動光回路部品としての実用化が期待されている。このような受動光回路部品の最も重要な課題は、「その特性が入力光の偏波状態によって変化しないこと。」である。なぜならば、現在既に敷設されている光ファイバはほとんどがシングルモード光ファイバであり、その伝搬光はその光ファイバの外乱によって偏波状態が安定しない。よって、この伝搬光を分歧や信号処理するための受動光回路部品が偏波依存性を持っていると、その機能も入力光の偏波状態によって安定しないことになる。

【0004】 しかしながら、一般に基板表面に作製された光導波路は、その構造の異方性に起因して、基板面に対して平行な方向、または垂直な方向に主軸を持つ複屈折を有する。すなわち、基板面と平行な方向に電界成分を持つTE偏波光と、基板面と垂直方向に電界成分を持つTM偏波光との間で偏波依存性が存在する。導波路型光部品を実用化するための最大の課題は、この偏波依存性を解消することである。

【0005】 導波路型光部品の偏波依存性解消法としては、応力付与膜をレーザトリミングする方法、異種薄膜を装荷する方法などが提案されている。しかし、精度良くその偏波依存性を解消するためには、その偏波依存性を精度良く、かつ容易に評価する測定装置が必要である。

る。

【0006】 従来、導波路型光部品の偏波特性の評価には、以下の2つ的方式があった。

【0007】 (従来技術1) 入力ファイバとして薄膜偏光子付き偏波保持光ファイバを使用し、これを機械的に回転させて導波路型光部品の偏波特性を評価する方式。

【0008】 (従来技術2) 入力ファイバとして偏波保持光ファイバを用いて、この中に $1/2$ 波長板を挿入し、その角度を機械的に回転させることによって、導波路型光部品の偏波特性を評価する方式。

【0009】 図1は上記の従来技術の1の偏波特性評価方式を採用した偏波特性測定装置の概略構成を示す。ここで、20は波長 $1.3\mu\text{m}$ の光源、21は波長 $1.55\mu\text{m}$ の光源、43および44はそれぞれ偏波保持光ファイバ、3は光チャンネルセレクタ、42は「ラミポール」(商標)の名前で市販されている薄膜偏光子を有する薄膜偏光子付き偏波保持光ファイバ、および41は光ファイバ回転装置である。また、25は被測定試料としての導波路型光部品、45はシングルモード光ファイバ、および31は被測定試料の光挿入損失を測定するための光パワーメータである。この従来装置では、ラミポール薄膜偏光子付き偏波保持光ファイバ42を被測定試料25への入力偏波状態を直接偏波に規定して、被測定試料25の特性を評価することができる。さらに、光ファイバ回転装置41により入力光ファイバ42を回転させることにより、被測定試料25の入力偏波に対する依存性も評価することができる。

【0010】 上記ラミポール(多層薄膜偏光子)は、図2の符号53に示すように、金属薄膜と誘電体薄膜(SiO₂)を交互に約200層ほど $70\mu\text{m}$ 重ね合わせたものを、厚み $30\mu\text{m}$ 程度に薄く切り出したものである。この薄膜を光が通過するときには、金属薄膜に平行な電界成分を持つ光は吸収され、金属薄膜に垂直な電界成分を持つ光は透過される。この結果としてこの薄膜は偏光子として機能する。この薄膜偏光子の長所は小型で、かつ $1.3\mu\text{m} \sim 1.6\mu\text{m}$ にわたる広い波長領域で偏光子として機能することである。図2に示すように、薄膜偏光子53の金属膜方向と偏波保持光ファイバ51、52の主応力方向とを合わせて接続することにより、偏波保持光ファイバ52の出力端面から常に直線偏波を出力させることができる。

【0011】 図3は前記の従来技術2の偏波特性評価方式を採用した偏波特性測定装置の概略構成を示す。ここで、61は光源、62はコリメートレンズ、63は $1/2$ 波長板、64は集光レンズおよび65は偏波保持光ファイバである。この従来装置では、被測定試料25の入力光ファイバ65に $1/2$ 波長板63を挿入し、その $1/2$ 波長板63の角度を回転させることにより、被測定試料25の入力偏波状態を変化させ、その依存性を測定

する。

【0012】そのため、まず前述の薄膜偏光子付き偏波保持光ファイバ42で直線偏波状態を作り、その直線偏波の光をコリメートレンズ62で空気中の平行ビームにコリメートした後、1/2波長板63を通過させ、さらに集光レンズ64で絞って偏波保持光ファイバ65に入射する。この偏波保持光ファイバ65の出力端における偏波状態は、1/2波長板63を回転することにより変化させることができる。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】上記従来技術1の測定装置の特徴は、広い光波長領域で被測定試料の偏波特性を評価できる点にある。しかしながら、この測定装置では偏波特性を測定するために入力ファイバ42を回転させなければならない。このときに必然的に生じる入力ファイバ42の位置ズレによって、被測定試料25の偏波特性の精密な評価は困難であるという問題があった。

【0014】また、上記従来技術2の測定装置では、被測定試料25への入力偏波状態を切り替えるときに入力ファイバ65を動かす必要がない。よって、入力光の光軸の変化がないため、あらかじめ1/2波長板63を回転したときの光損失を測定しておけば、被測定試料25の偏波特性の精密な評価が可能である。しかしながら、この測定装置では、波長板63を用いているため、使用できる光源の波長が、その波長板63によって限定されるという問題があった。

【0015】そこで、本発明の目的は、従来技術1と2に示したような導波路型光部品の従来の偏波特性評価方式における問題点を解消し、導波路型光部品の偏波特性を、例えば1.3μmから1.6μmにわたる広い光波長範囲で、かつ精密に評価することの可能な偏波方向切り替え器を提供することにある。

【0016】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、本発明の偏波方向切り替え器は、N×2光空間スイッチと、2×2偏波保持光結合器と、これらを結ぶ2本の偏波保持光ファイバとを有し、かつ前記2本の偏波保持光ファイバの一方のファイバが他方のファイバに対して90度ひねられて取付けられていることを特徴とする。

【0017】また、本発明はその一形態として、前記2×2偏波保持光結合器が、マッハツエンダ干渉計の構造を有する導波路型波長無依存カップラであって、前記2本の偏波保持光ファイバ中にそれぞれ薄膜偏光子が挿入されていることを特徴とする。

【0018】

【作用】上記のように、本発明の偏波方向切り替え器はN(任意の正の整数)×2光空間スイッチと2×2偏波保持光結合器と、これらの間を結ぶ2本の偏波保持光ファイバとから構成されており、その一方の偏波保持光フ

アイバは他方の偏波保持光ファイバに対して90度ひねられている。このため、光結合器に入射される偏波方向は、2本の偏波保持光ファイバのどちらを伝搬したかによって90度異なる。よって、2×2偏波保持光結合器の出力光の偏波方向を、N×2光空間スイッチの切り替えによって90度回転させることができる。この偏波方向切り替え器は偏波の回転機構として、偏波保持光ファイバのひねりを利用しているので波長依存性がない。

【0019】従って、本発明による偏波方向切り替え器を使用した偏波特性評価装置では、その入力光の偏波方向を切り替えるときに、評価する光部品(被測定試料)と入力光ファイバとの相対的な位置変化が無いので、被測定試料の精密な偏波特性を評価することができ、かつその偏波方向の切り替えに波長依存性がないので広い波長範囲で偏波特性を評価することができる。

【0020】

【実施例】以下、図面を参照して本発明の実施例を詳細に説明する。

【0021】図4は本発明の一実施例の偏波方向切り替え器の概略構成を示す。本例の偏波方向切り替え器は、光源(不図示)と結ぶ3本のラミポール薄膜偏光子付き偏波保持光ファイバ2、3×2光空間スイッチとしての反射鏡を利用した光チャンネルセレクタ3、2×2偏波保持光結合器としての導波路型波長無依存カップラ12、およびこれら3と12を結ぶ2本のラミポール薄膜偏光子付き偏波保持光ファイバ1とからなる。ラミポール(商標名)薄膜偏光子13の構成は図2の符号53で示したものと同様であるので、その詳細は省略する。

【0022】導波路型波長無依存カップラ12は、1.2μmから1.6μmにわたってほぼ50%の結合率になるよう作製されたものを用いる。このカップラは、すでにK. Jinguji等著“Mach-Zehnder Interferometer Type Optical Waveguide Coupler with Wavelength-flattened Coupling Ratio.”(波長平滑化結合率を有するマッハツエンダー干渉計型光導波路カップラ) Electron Lett. vol. 26, No. 17, p. 1326, 1990年発行に報告されているように、シリコン基板上に火炎堆積法とフォトリソグラフィおよび反応性イオンエッチング法を用いて埋め込み型シングルモードガラス導波路4、5、6、7、8、9を作製したものである。このとき、この導波路のコアガラスには周囲のクラッドガラスよりも屈折率が0.3%高くなるようゲルマニウムをドープしている。そのパターンはマッハツエンダ干渉計になっていて、2つの方向性結合器10、11、2本の非対称な長さのアーム導波路6、7、および2本ずつの入出力導波路4、5、8、9とからなっている。

【0023】図4の導波路型波長無依存カップラ12の

特性を図5に示す。本図から導波路型波長無依存カップラ12は $1.3\mu m \sim 1.6\mu m$ の広い波長範囲で50%の結合率になっているのがわかる。また、導波路型波長無依存カップラ12は、その導波路に複屈折が存在するので、TE偏波とTM偏波との間でモードの変換はない。

【0024】ラミポール薄膜偏光子付き偏波保持光ファイバ1、2においては、偏波保持光ファイバの主応力方向の電界成分を有する光だけが透過される。チャンネルセレクタ3と導波路型波長無依存カップラ12を結ぶ2本のラミポール薄膜偏光子付き偏波保持光ファイバ1では、図4の符号A、Bに示すように、一方のファイバが他方のファイバに比べて90度ファイバをひねった状態になって取付けられている。

【0025】次に、図4の本実施例における偏波方向の切り替え動作を説明する。図示しない光源からの任意の光はラミポール薄膜偏光子付き偏波保持光ファイバ2を通って、光チャンネルセレクタ3に直線偏波の状態で入射される。光チャンネルセレクタ3では内部の反射鏡をメカニカル（機械的）に移動することによって、その入射光を2つの出力ポートのいずれかに出力させることができる。この時、いずれのラミポール薄膜偏光子付き偏波保持光ファイバ1に出力されるかによって、導波路型波長無依存カップラ12中での偏波モードが異なる。しかし、導波路型波長無依存カップラ12では光波長によらず常にその結合率が50%であるから、どちらのラミポール薄膜偏光子付き偏波保持光ファイバ1を経ても、導波路型波長無依存カップラ12の出力光の強度は等しい。

【0026】よって、導波路型波長無依存カップラ1-2の出力光に関していえば、光チャンネルセレクタ3を切り替えることによって、光強度を変えずに、その偏波方向を切り替えることができる。しかも、この偏波方向切り替え器は波長板等を使用していないので、波長依存性を持たないという特徴を有する。実際には、導波路型波長無依存カップラ12の結合率は50%からわずかにずれている。しかし、このことはあらかじめ後述のレンズをとることによって補正することができるので問題はない。

【0027】図6は図4の偏波方向切り替え器を組み込んだ本発明による偏波特性測定装置の概略構成を示す。受動光回路部品においてはその偏波依存性および波長依存性を極力低減する必要がある。そのためには偏波特性を広い波長範囲において精度良く測定する装置が必要である。図6は広い波長領域で導波路型光部品の偏波特性を精度良く測定するための本発明による測定系を示すものである。

【0028】本例の偏波特性測定装置は、波長 $1.3\mu m$ の光源20、波長 $1.55\mu m$ の光源21および白色光源22から成る複数の光源、本発明による図4の構成

の偏波方向切り替え器23、被測定試料（導波路型光部品）25と入力偏波保持光ファイバ26、出力シングルモード光ファイバ27の光軸を合わせる位置合わせのための自動調心装置24、参照光の光量を測定するための光パワーメータ30、被測定試料25の光挿入損失を測定するための光パワーメータ31、被測定試料25の透過光のスペクトルを測定するための光スペクトラムアナライザ32、その31と32のどちらの測定を行うかによって光路を切り替えるチャンネルセレクタ33、およびこれらの操作を管理するマイクロコンピュータ34からなる。28および29はシングルモード光ファイバである。

【0029】次に、本例における具体的な測定の仕方を図6を参照して順を追って説明する。

【0030】まず、レファレンスをとる。そのため、被測定試料25を取り外して、その入出力ファイバ26、27を直接付き当て、光パワーメータ30と光パワーメータ31の両出力の差をマイクロコンピュータ34を用いて測定する。このレファレンスの測定を、 3×2 光チャンネルセレクタ3の入出力端子の、 $I_1 - O_1$ 、 $I_1 - O_2$ 、 $I_2 - O_1$ 、 $I_2 - O_2$ 、 $I_3 - O_1$ 、 $I_3 - O_2$ をそれぞれ結んだ6つの状態に対して、それを行なう。これは導波路型波長無依存カップラ12や、光チャンネルセレクタ3が僅かに持つ波長依存特性や偏波依存性を補償するためのものである。

【0031】次に、被測定試料25を自動調心装置24の入出力ファイバ26、27の間にセットする。この時、入力偏波保持光ファイバ26の主応力の方向が被測定試料25の基板面に水平または垂直になるようセットする。この状態で、自動調心装置24を駆動して3つの光軸を整合し、被測定試料25に対する入出力ファイバ26、27の光軸を固定する。

【0032】次に、目的に応じた光源を20、21、22の中から1つ選び、その2つの偏波（TE偏波、TM偏波）に対する特性を、光チャンネルセレクタ3の出力 O_1 または O_2 を選択することによって、それぞれ測定する。ただし、この測定は光パワーメータ30と光パワーメータ31の差を測定することである。この測定結果をあらかじめ測定しておいたレファレンスで補償することにより、その精密な評価が実現できる。

【0033】以上では偏波保持光結合器として、導波路型波長無依存カップラ12を用いる例を説明してきたが、この代わりに2本の偏波保持光ファイバを融着した偏波保持光ファイバカップラを代用することも可能であることを付記しておく。

【0034】さらに、偏波保持光結合器12として、偏波保持したまま光路を切り替えることのできる 2×2 の光空間スイッチ、例えば反射鏡を用いた光チャンネルセレクタを代用することも可能であることを付記しておく。

【0035】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、偏波の回転機構として、偏波保持光ファイバの90度ひねりを利用しているので波長依存性がない、すなわち光波長に存在せず偏波方向を切り替えることのできる、偏波方向切り替え器が得られる。

【0036】従って、本発明による偏波方向切り替え器を利用した偏波特性測定装置を使用することにより、

1. $3\text{ }\mu\text{m}$ から $1.6\text{ }\mu\text{m}$ にわたる広い光波長領域で使用する導波路型光部品の製造、偏波特性の精密な評価が可能である。さらにこの評価により厳密に偏波特性を抑制した光導波回路部品を製造することができる。

【0037】換言すれば、本発明による偏波方向切り替え器を使用した偏波特性評価装置では、その入力光の偏波方向を切り替えるときに、評価する光部品（被測定試料）と入力光ファイバとの相対的な位置変化が無いので、被測定試料の精密な偏波特性を評価することができ、かつその偏波方向の切り替えに波長依存性がないので広い波長範囲で偏波特性を評価することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】従来技術1の導波路型光部品の偏波特性装置を示す概略構成図である。

【図2】図1のラミポール薄膜偏光子付き偏波保持光ファイバの構成を示す斜視図である。

【図3】従来技術2の導波路型光部品の偏波特性装置を示す概略構成図である。

【図4】本発明の一実施例の偏波方向切り替え器を示す概略構成図である。

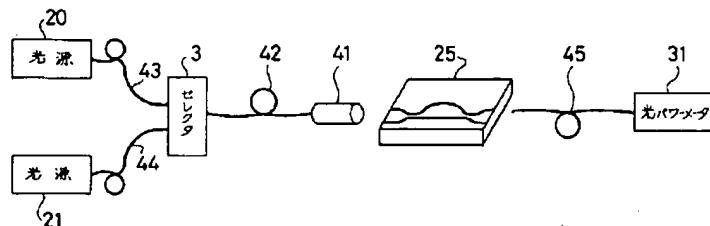
【図5】図4の導波路型波長無依存カップラの結合率の波長特性を示す特性図である。

【図6】図4の偏波方向切り替え器を利用した広い波長領域における偏波特性測定装置の構成を示す概略構成図である。

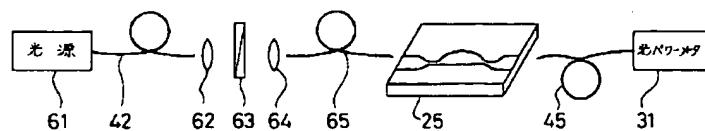
【符号の説明】

- 1 ラミポール薄膜偏光子付き偏波保持光ファイバ
- 2 ラミポール薄膜偏光子付き偏波保持光ファイバ
- 3 光チャンネルセレクタ（ 3×2 光空間スイッチ）
- 4, 5, 8, 9 導波路型波長無依存カップラの入出力導波路
- 10 6, 7 導波路型波長無依存カップラのアーム導波路
- 10, 11 導波路型波長無依存カップラの 3 dB 方向性結合器
- 12 導波路型波長無依存カップラ（ 2×2 偏波保持光結合器）
- 13, 53 ラミポール薄膜偏光子
- 20 波長 $1.3\text{ }\mu\text{m}$ の光源
- 21 波長 $1.55\text{ }\mu\text{m}$ の光源
- 22 白色光源
- 23 本発明の偏波方向切り替え器
- 24 導波路型光部品と入出力ファイバとの位置合わせを行う自動調心装置
- 25 被測定試料としての導波路型光部品
- 26 偏波保持光ファイバ
- 27, 28, 29 シングルモード光ファイバ
- 30 参照光の光量を測定するための光パワーメータ
- 31 被測定試料の光挿入損失を測定するための光パワーメータ
- 32 光スペクトラムアナライザ
- 33 チャンネルセレクタ
- 30 34 マイクロコンピュータ

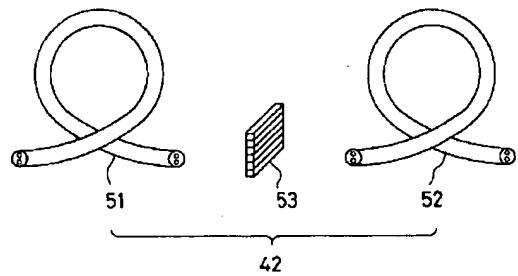
【図1】



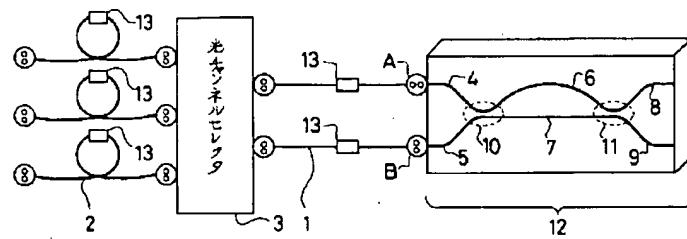
【図3】



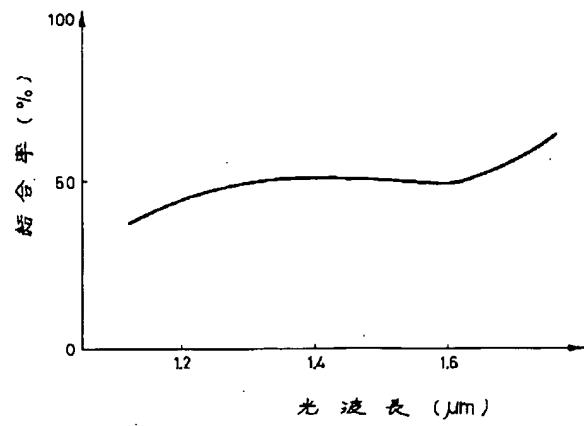
【図2】



【図4】



【図5】



【図6】

